

RESEARCH ARTICLE

Analysis of the Difference between Pre-service Teachers' Mind Wandering in Pre-learning and Follow-up Learning: In the Learning Process of 'Movement of the Earth and the Moon'

Sungman Lim¹ · Minha Lee² · Seongun Kim^{3*}

¹Jeonju National University of Education

²Jungheung Elementary School

³Korea National University of Education

선수학습과 후속학습에서 보이는 예비교사의 Mind Wandering의 차이 분석: '지구와 달의 운동' 학습 과정에서

임성만¹ · 이민하² · 김성운^{3*}

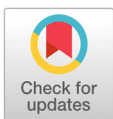
¹전주교육대학교 · ²중흥초등학교 · ³한국교원대학교

*Corresponding Author: auul@naver.com

ABSTRACT

The purpose of this study was to analyze and compare mind wandering that occurs during the pre-learning and follow-up learning processes using an eye-tracker. For this purpose, 18 students from K University located in the central region of Korea were randomly sampled and selected as the study subjects. First, in the process of learning 'Earth and Moon's motion', pre-service teachers had more Mind Wandering sections in the follow-up learning process, 'Change in the phase of the moon', than the 'Earth rotation and revolution', which was a prerequisite learning process. Second, it was confirmed that the mind wandering of pre-service teachers appeared faster in the follow-up learning process than in the pre-learning process. Third, the total Mind Wandering time in the follow-up learning process was longer than in the pre-learning process, similar to the previous two results, in the total mind wandering time in the pre-learning and follow-up learning process of pre-service teachers. Through this study, it was found that pre-service teachers' attention was higher in pre-learning than in follow-up learning. In addition, it was found that there is a need for a teacher's intentional teaching strategy to increase the learner's attention and reduce mind wandering in follow-up learning.

Key words: Pre-learning, follow-up learning, mind wandering, eye-tracking, pre-service teacher, movement of the earth and the moon



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2021, Vol. 11, No. 3, 505-515.

<https://doi.org/10.31216/BDL20210032>

Received: August 31, 2021

Revised: September 13, 2021

Accepted: September 15, 2021

© 2021. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

학습 상황에서 학생들의 주의집중은 학업 성취에 필수적이다. 즉 수업 상황에서 주의 집중력이 높은 학생은 그렇지 않은 학생에 비해 학습을 효과적으로 달성할 수 있으며, 이것은 일반 학생에 비해 주의 집중력이 높은 학생이 개념 이해도가 높기 때문이다(Craig, 1984). 그러나 학습 상황에서 학생들이 주의집중을 유지하는 것은 쉽지 않다. 왜냐하면 대부분의 사람들은 자신도 모르게 주의가 산만해지기 때문이다(Blanchard et al., 2014). 이러한 학습자의 주의가 흐트러짐은 학습자 자신이 목표한 대로 학습이 진행되지 못하게 하고 이로 인해 교사로 하여금 불필요한 주의집중에 대한 노력을 하게 하여(Kwon, 2019; Lee & Shin, 2014) 학습 목표 달성을 위한 계획된 수업 진행을 어렵게 한다.

한편, 학습자가 학습에서 겪는 어려움을 겪는 주요 원인은 주제의 성격, 교수 스타일, 학습자의 학습 형태나 습관, 학습자의 부정적인 감정과 태도와 더불어 학습에 대한 지식 부족 등을 들 수 있다(Çimer, 2012). 이 중에서 이번 연구는 ‘학습자의 학습에 대한 지식 부족’, 즉 선행 지식과 관련한 ‘선수학습’에 대한 요인에 주목했다. 선수학습과 수업 설계와 관련하여 Kim & Lee (2005)는 효과적인 교수 학습을 위해서는 선수학습 내용과 관련해서 수업 내용을 구성해야 한다고 지적한 바 있다. 이러한 점은 인지 부하 이론(Cognitive Load Theory, CLT)과도 연관이 있는데, 이 이론에 따르면 정보 처리 및 지식 구축은 작업 기억 용량으로 제한되며, 선수학습과 같은 학습 설계는 학습자의 인지 부하를 줄일 수 있다(Sweller, 1988; Van Merriënboer & Sweller, 2005). 즉 후속학습이 선수학습과 관련되어 진행됨으로써 학습자의 인지부하를 줄여 주어 학습의 효과를 높일 수 있다는 것이다. 또 일찍이 Bloom은 선수학습 능력은 후속되는 학습의 성공을 예언할 수 있다고 주장하며 선수학습 능력이 잘 갖추어져 있는 학습자는 새로운 내용을 무난히 학습할 수 있다고 하였다(Byun, 2007). 더불어 위계학습이론을 주창했던 교육학자 Gagne (1985)는 학업성취를 위한 학습의 내적 조건 중에서 가장 중요한 것을 선수학습으로 보았으며, 일정한 학습과제의 학습을 위해서는 선행되어 학습해야 할 내용이나 능력을 갖추고 있어야 한다고 언급하며 선수 학습의 중요성을 주장하였다. 사전학습의 핵심적인 부분은 사전학습이 학습의 전체적인 설계와 학습 주제를 통합하는 하나의 요소가 됨으로써 학습자와 교사 모두에게 의미 있는 학습을 만들어준다는 것이다(Seery, 2010).

그렇다면 선수학습 후 이루어지는 후속학습에서 학습자의 학습 집중은 어떠할까? 이번 연구에서는 선수학습이 후속학습에 많은 영향을 미치는 상황에서 학습자의 학습 중 주의 집중을 알아보았다. 다만 이번 연구의 관점은 학습설계 상 선수학습의 내용과 후속학습의 내용이 연관이 있지만, 선수학습 내용과 관련된 후속학습에서의 학습자의 시선이동이 아닌 학습 집중도의 관점에서 연구하고자 하였다.

학습 중 주의 집중은 어떻게 측정해야 하는가? 일반적으로 어떤 요소에 시선을 고정한다는 것은 사람이 그 요소에 주의하고 있는 것으로 가정한다(Anderson et al., 2004). 시선추적방법을 사용하면 학습자의 시선 고정을 추적하여 학습자가 현재 어디에 주의하는지, 얼마나 오랫동안 주의하는지를 쉽게 추적할 수 있다.

그러나 실제 학습 상황에서 특정 목표물에 학습자의 시선이 고정되었다 하여 주의집중 상태로 판단하는 것은 무리가 있다. 예를 들면, 학습 중에 이미 학습한 내용을 상기 할 때 학습과 관련 없는 빈 영역을 보거나(Richardson & Spivey, 2000), 학습자 내부의 표상을 이동시키고 조작하는 과정에서 시선 고정 위치의 변화를 유발하는 경우에는(Vankov, 2009), 명백히 학습 과제에 시선이 놓여 있지만 주의집중이 아닌 상태이다.

이에 본 연구에서는 Mind Wandering을 측정하여 학습상황에서 나타나는 주의집중상태와 주의가 흐트러진 상태를 판별하고자 한다. Mind Wandering(이하 MW)이란 수행되는 과제와 관련 없이 의도적 또는 비의도적인 내적으로 발생하는 모든 생각에 의한 상태를 말한다(Smallwood, 2015). MW 상태는 교실 수업에서 간혹 볼 수 있는 ‘멍 때리는(zoning out) 학생’처럼 수업을 듣거나 책을 읽을 때 마음이 어딘가로 가버린 상태로(Schooler et al., 2004), 외부 자극으로부터 차단된 주의가 개인 내적인 생각으로 이동한 탈동조화 상태(perceptual decoupling)이다(Smallwood et al., 2003). 즉, 학습상황에서 MW으로 외적인 자극에 대한 주의가 낮아진 학습자는 수업에 주의집중하지 못하는 상태가 된다. 여러 선행연구에서 MW일 때 나타나는 시선이동의 특징을 보고하였으며(Faber et al., 2018; Krasich et al., 2018; Zhang et al., 2020), 시선이동의 특징을 이용해 MW를 판별하고 있다(Hutt et al., 2017; Jang et al., 2020).

본 연구에서는 시선추적방법을 이용하여 MW을 측정한 선행연구 결과를 바탕으로 MW을 측정하고 이를 바탕으로 MW구간을 설정한다. 이렇게 도출한 MW구간을 이용하여 선수학습이 후속학습 과정에서의 학습자의 주의집중에 영향을 주는지 확인하기 위해 선수학습과 후속학습에서 나타나는 학습자의 주의집중을 비교 분석하고자 한다. 앞서 언급한 것과 같이 학습자의 주의집중에 영향을 주는 요인은 다양하다. 하지만 학습자들의 학습에 선수학습의 영향에 대해 많은 선행연구들에서 밝힌 바와 같이 이번 연구에서는 주의집중과 MW의 관점에서 선수학습의 효과를 시선이동 추적장치를 이용하여 검증해보는 연구로 선수학습에 대한 학습의 영향을 객관적으로 확인해보는 좋은 기회일 것이라 생각한다.

Methods

Participants

본 연구는 시선추적장치를 이용해 선수학습 과정과 후속학습 과정의 MW을 비교한다. 이를 위해 우리나라 중부지방에 위치한 K대학교의 초등교육과 학생을 대상으로 연구에 자발적으로 참여하고자 하는 학생을 중심으로 임의표집하여 초등교육과 학생 25명(여 17, 남 8)을 연구 참여자로 선정하였다. 시선이동 추적을 위해 두꺼운 안경을 착용한 사람, 안구 진동증과 같은 질병이나 난시, 사시 등의 증상이 없는 사람(Roberts & Bell, 2003)을 사전에 점검하였고 연구 참여자는 모두 연구 참여에 동의하였다. 연구 참여자 25명을 대상으로 자료를 수집하는 과정에서 시선추적율이 70% 이하인 7명이 제외하였으므로 최종 연구 참여자는 18명이었다. 최종 선정된 연구 참여자의 심화전공은 다양하였으며, 평균 연령은 21.0세였다. 아울러 사람을 대상으로 하는 실험 연구이기 때문에 K대학교의 생명윤리심의위원회의 사전 승인을 받아 연구가 진행되었다.

Task Development

본 연구의 실험 과제는 연구 참여자인 초등교육과 학생을 대상으로 선수학습과 후속학습의 성격이 명확히 드러나는 학습 동영상 강의로 개발하였다. 과제에서 다룰 학습내용은 선수학습과 후속학습이 학습 설계 상 이어지는 주제, 선수학습이 차지하는 비중이 높은 과제, 학습자가 어려워하는 과제, 예비교사라는 특수성, 동영상 수업이 가능한 과제를 기준으로 반영하여 결정하였다.

이러한 기준에 의거하여 최종적으로 초등학교 6학년 1학기의 ‘지구와 달의 운동’ 단원의 내용으로 선정하였고, 선수학습으로는 ‘지구의 자전과 공전’, 후속학습으로는 ‘달의 위상 변화’로 결정하였다. ‘지구의 자전과 공전’과 ‘달의 위상 변화’에 관한 개념은 초등 예비교사들이 많은 오개념을 가지고 있는 부분(Shin & Ahn, 2020a; Shin & Ahn, 2020b)이다. 아울러 이 단원은 지구의 자전과 공전 개념을 이해한 후 달의 위상변화를 학습하게 되어 있어 선수학습의 내용이 후속학습의 이해에 많은 영향을 준다고 판단하였다.

선행연구(Chen & Wu, 2015; Ilioudi et al., 2013; Mayer, 2014; Wilson et al., 2018)에서 동영상의 유형에 의해 학습 정도의 차이가 날 수 있다는 것을 고려하여 선수학습과 후속학습 동영상을 두 가지 유형으로 각각 제작하였다. 두 가지 유형은 강의자가 실제 칠판 앞에서 강의하는 모습을 촬영하여 강의자와 프레젠테이션 모습이 함께 드러나는 유형인 Lecture type과 프리젠테이션 화면이 중심에 있고 교수자의 얼굴이 화면의 한 쪽 모서리에 배치하여 촬영한 PIP(Picture In Picture) type이다(Fig. 1).



Fig. 1. The type of the video

실험 과제로 제작한 동영상 강의는 동영상 유형만 달리 했으며, 강의 내용과 강의 시간을 같게 유지하였다. 동영상 강의의 내용은 ‘차시명 읽기→다루고 있는 개념 설명하기→탐구 활동 과정과 주안점 및 주의점 설명하기→차시 관련하여 교사가 알아야 할 개념 알아보기→학생들의 오개념 설명하기’로 순서로 구성하였고, 강의 시간은 20분이었다. 최종적으로 선수학습(지구의 자전과 공전)의 Lecture Type 1개, PIP Type 1개와 후속 학습(달의 위상변화)의 Lecture type 1개, PIP type 1개로 총 4개의 동영상 강의를 제작하였고, 자료 수집의 실험 효과를 줄이기 위해 각 연구 참여자에게는 ① Lecture type의 ‘지구의 자전과 공전’ -> PIP type의 ‘달의 위상 변화’ 또는 ② PIP type의 ‘지구의 자전과 공전’ -> Lecture type의 ‘달의 위상 변화’의 방법으로 각 타입의 동수를 유지하며 랜덤하게 제시하였다.

Data Collection

자료는 연구 참여자가 선수 학습과 후속 학습의 동영상 강의를 학습하는 과정에서 Tobii사의 Tobii Pro Spectrum 시선추적장치를 이용해 수집하였다. 실험은 외부광원과 소음이 차단된 Slide room 안에서 이루어졌다. Slide room에 들어온 연구 참여자는 연구에 대한 설명을 듣고 연구 참여 동의서를 작성 후, calibration을 실시하였다. 이후 실험 과제로 선수학습인 ‘지구의 자전과 공전’ 동영상 강의를 20분 동안 시청하였다. 후속 학습 전에 휴식시간을 15분 두어 피로감으로 인해 다음 강의에 영향을 주지 않도록 충분한 휴식시간을 제공

하였다. 이후 다시 calibration을 실시한 후, 후속학습인 ‘달의 위상 변화’ 동영상 강의 20분 동안 시청하였다.

시선추적장치로 수집한 자료는 학습자의 선수 학습과 후속 학습의 동영상 강의 학습 중에 나타난 Fixation Duration과 Saccade Metrics인 Average amplitude, Maximum amplitude, Standard deviation of peak velocity, Average peak velocity, Maximum peak velocity, Total amplitude of saccades이다.

Data Analysis

자료 분석을 위해서는 연구 참여자의 동영상 강의 학습 과정에서 MW 구간을 판별해야 한다. 본 연구에서는 MW구간을 판별하기 위해 선행 연구(Jang et al., 2020; Zhang et al., 2020)를 참고하여 판별기준을 설정하였다. Zhang et al. (2020)과 Jang et al. (2020)의 연구에서는 연구 참여자들이 비디오 강의를 보는 동안에 Attention 구간 보다 MW 구간에서 Fixation duration이 증가함을 공통적으로 보고했으므로 Fixation duration은 MW의 증거가 될 수 있다. 이에 본 연구에서는 동영상 강의 시청 중 학습자가 MW상태일 때 공통적으로 Fixation duration이 일정 시간 이상 지속된다는 점을 판별 기준으로 삼고자 하였다.

본 연구에서는 Zhang et al. (2020)의 연구에서 보고한 것과 같이 400 ms 이상의 Fixation duration이 2000ms 이상 지속될 때를 MW구간으로 추출하고자 하였으며, 그 타당성을 확인하기 위해 예비 연구를 실시하였다. 타당성 확인을 위한 방법은 Jang et al. (2020)이 MW 구간과 Attention 구간의 Saccade metrics의 평균 차이를 t-test를 이용해 차이를 비교한 방법을 사용했다. 그들은 수집한 전체 자료의 MW구간과 MW이 아닌 주의집중(이하 Attention)구간의 시선이동의 특징을 비교하기 위해 Saccade Metrics값(Average peak velocity of saccades; Maximum peak velocity of saccades; Standard deviation of peak velocity of saccades; Average amplitude of saccades; Maximum amplitude of saccades; Total amplitude of saccades)의 차이가 유의한지를 t-test로 비교하였으며 .01 수준에서 유의한 차이가 나타남을 보고하였다. 이에 본 연구에서는 선행연구와 동일한 조건을 설정하기 위해 Tobii pro lab 프로그램이 제공하는 I-VT fixation filter를 적용하였고, Minimum fixation duration을 60ms로 설정하였다. 대학원생 3인을 대상으로 과제를 제시한 후, MW를 추출하여 총 52개의 MW구간을 지정하고 MW 사이의 그 외 구간을 Attention으로 지정하여 두 구간 사이에 Saccade Metrics값의 차이가 유의한지를 t-test로 비교하였다(Table 1).

Table 1. Saccade metrics average from pilot test (t-test)

Saccade Metrics	MW	Attention	t
Average amplitude (Degrees)	4.36	5.71	3.01**
Maximum amplitude (Degrees)	6.48	17.45	9.03***
Standard deviation of peak velocity (Degrees/second)	55.90	92.72	4.87***
Average peak velocity (Degrees/second)	165.23	205.94	2.77**
Maximum peak velocity (Degrees/second)	222.68	470.82	7.81***
Total amplitude of saccades (Degrees)	13.36	1,157.29	3.98***

** $p < .01$, *** $p < .001$

MW구간과 Attention구간의 6가지 Saccade Metrics값을 T-test로 비교한 결과, Maximum amplitude, Standard deviation of peak velocity, Maximum peak velocity, Total amplitude of saccades는 .001 수준에서 유의하였고, Average amplitude와 Average peak velocity는 .01수준에서 유의하였다. 이에 본 연구에서 MW구간을 400 ms 이상의 Fixation duration이 2,000 ms 이상 지속되는 구간으로 지정하였다.

그러나 Zhang et al. (2020)과 Jang et al. (2020)의 연구에서는 먼저 연구 참여자의 자기보고 방식으로 MW구간을 추출한 이후, MW에서 시선이동의 경향성을 분석하여 그 특징으로 긴 Fixation duration을 도출한 것이다. 한편, 본 연구는 MW에서의 시선이동의 특징을 역으로 MW의 판별에 적용한 것이므로 연구의 한계점은 있다고 볼 수 있다. 그러나 선행연구의 자기 보고 방식은 연구 참여자의 MW 자각과 보고에 따라 그 여부가 달라지므로 신뢰도의 문제가 있으며(Smallwood & Schooler, 2006), MW에 해당하는 신뢰로운 Fixation duration 길이의 정확한 결정은 본 연구의 범위를 벗어나며, 이 길이는 과제, 연구 참여자 변인 등에 영향을 받을 수 있다. 또한 본 연구 과제의 특성상 MW의 자기 보고가 불가능하므로 본 연구의 연구 설계는 타당하다고 볼 수 있다. 이러한 자료 분석을 위한 판별 기준의 결정 및 타당성 확보의 모든 과정에서는 시선추적연구의 경험이 있는 과학교육전문가 3인과의 협의를 거쳐 결정하였다.

Results

Comparison between the Learner's MW Section and the Attention Section

‘지구와 달의 운동’과 관련된 학습을 선수학습인 ‘지구의 자전과 공전’과 후속학습인 ‘달의 위상 변화’로 나누어 진행한 동영상 강의 학습에서 예비교사들이 보인 MW구간과 Attention구간에서의 Saccade Metrics 값을 t-test로 비교하였다(Table 2)

Table 2. Saccade metrics average (t-test)

Saccade Metrics	MW	Attention	t
Average amplitude	2.90	3.65	6.61***
Maximum amplitude	3.78	12.54	35.49***
Standard deviation of peak velocity	24.46	81.99	28.43***
Average peak velocity	106.98	127.64	6.84***
Maximum peak velocity	130.10	316.79	35.66***
Total amplitude of saccades	6.60	157.76	18.72***

*** $p < .001$

MW구간과 Attention구간은 모든 Saccade Metrics 값에서 .001 수준에서 통계적으로 유의한 차이를 나타냈다. 이러한 결과는 Jang 등(2020)의 연구에서 MW상태에서는 Attention상태보다 Saccade의 각속도와 진폭이 낮게 나왔다고 보고한 결과와 일치하였다. 결과를 해석하면, 예비교사들이 MW상태에서는 시선이동의 크게 일어나지 않는다는 것을 나타낸다. 즉 MW상태는 예비교사들이 시선의 이동이 없이 한 곳을 주시하면서 일명 ‘멍 때리기’를 하고 있는 상태라는 것이다.

Comparison of MW Frequency in the Course of Pre-learning and Follow-up Learning

선수 학습인 ‘지구의 자전과 공전’학습과 후속 학습인 ‘달의 위상 변화’학습에서 나타난 MW 빈도를 조사하고 그 차이를 t-test로 비교하였다(Table 3).

Table 3. MW frequency (t-test)

Learning	M (times)	SD	t
Pre-learning	41.56	21.77	-2.34**
Follow-up Learning	54.22	29.51	

** $p < .01$

연구 참여자의 MW 빈도는 선수 학습이었던 ‘지구의 자전과 공전’ 학습보다 후속 학습이었던 ‘달의 위상 변화’ 학습에서 더 컸다. 선수 학습의 MW 평균빈도는 41.56회였으며, 후속 학습의 MW 평균빈도는 54.22회였다. 이러한 결과는 .01 수준에서 통계적으로 유의하였다. 예비교사들은 선수 학습보다 후속 학습에서 주의집중의 수준이 낮다는 것을 알 수 있다.

Comparison of the First MW Section in the Course of Pre-learning and Follow-up Learning

선수 학습인 ‘지구의 자전과 공전’ 학습과 후속 학습인 ‘달의 위상 변화’ 학습에서 나타난 MW 중 최초로 발생한 MW구간의 시점을 조사하고 그 차이를 t-test로 비교하였다(Table 4).

Table 4. The first MW section (t-test)

Learning	M (second)	SD	t
Pre-learning	36.01	49.55	.79
Follow-up Learning	27.37	26.57	

연구 참여자들은 선수 학습보다 후속 학습에서 MW의 횟수가 더 많은 것과 유사하게, 선수 학습보다 후속 학습에서 MW이 더 빨리 나타나는 것으로 확인됐다(Table 4). 선수 학습에서 최초 MW은 학습을 시작하고 평균 36.01초에 발생하였으며, 후속 학습에서는 학습을 시작하고 평균 27.37초에 최초 MW이 발생한 것으로 분석되었다. 이러한 차이는 통계적으로는 유의하지 않았지만 평균의 차이로 후속 학습에서 MW이 빨리 나타나는 것으로 보인다.

Comparison of the Total MW Time in the Course of Pre-learning and Follow-up Learning

선수 학습인 ‘지구의 자전과 공전’ 학습과 후속 학습인 ‘달의 위상 변화’ 학습에서 나타난 Total MW 시간을 조사하고 그 차이를 t-test로 비교하였다(Table 5).

Table 5. Total MW time (t-test)

Learning	M (second)	SD	t
Pre-learning	157.33	98.12	-1.99*
Follow-up Learning	212.66	136.00	

* $p < .05$

예비교사들의 선수 학습과 후속 학습 과정에서의 Total MW 시간에서도 앞선 두 결과와 유사하게 선수 학습 과정보다 후속 학습 과정에서의 Total MW 시간이 더 길다는 것을 확인할 수 있었다. Table 5를 보면, 선수 학습 과정에서의 Total MW 시간의 평균이 157.33초였으며, 후속 학습 과정에서의 Total MW 시간의 평균은 212.66초였다. 또 이러한 차이는 .05 수준에서 통계적으로 유의하였다. 예비교사들은 선수 학습보다는 후속 학습에서 MW이 더 자주, 더 많이 나타나는 것으로 확인되었다. 따라서 선수 학습에서 주의집중의 구간이 더 길다는 것을 알 수 있다.

Discussion & Conclusions

인간의 시선이동은 인지 활동을 이해하는 중요한 단서가 된다. 따라서 학습자의 인지를 이해하는 데 있어서 학습자의 시선이동을 정량적으로 분석하는 것은 학습자의 인지 활동을 추적할 수 있는 중요한 단서가 될 수 있다(Ballard et al., 1997; Just & Carpenter, 1976). 이러한 관점에서 시선추적이 다양한 교육분야에 활용되고 있다. 이번 연구의 관점은 선수학습과 후속학습 과정에서 학습자의 학습 주의 집중 정도를 시선추적을 이용해 알아보는 것이었다. 특히 일찍이 많은 학자와 연구에 의해 선수학습에 대한 중요성이 언급되었던 점을 시선추적장치를 이용해 객관적으로 알아보고자 하였다.

학습에 집중하는 것은 자신이 놓인 학습 상황에 주의를 집중하는 것이다. 반면에 자신이 해야 하는 학습과 관련 없이 의도적이거나 비의도적으로 발생하는 지각적으로 분리된 상태인 MW(Schooler et al., 2011; Smallwood & Schooler, 2006)도 학습 상황에서 발생한다. 이번 연구 결과에서도 학습자인 예비교사들이 학습과정 내내 학습에 주의 집중하지는 않았다. 학습을 해야 한다는 실험적으로 통제된 상황이었음에도 불구하고 예비교사들은 20분 수업에서 선수학습에서는 13.1%에 해당하는 157.33초 동안 주의 집중하지 못했으며, 후속학습에서는 17.7%인 212.66초 동안 주의 집중하지 못했다. 즉 MW은 어떤 학습 상황에서도 발생할 수 있는 학습 상황 이탈이라고 할 수 있다.

특히 이번 연구는 선수학습과 후속학습을 비교하였다. 앞서 서론에서도 언급한 바와 같이 Bloom이 주장한 선수학습 능력은 후속되는 학습의 성공을 예언할 수 있다는 점과 선수학습 능력이 잘 갖추어져 있는 학습자는 새로운 내용, 즉 후속학습을 무난하게 할 수 있다는 점(Byun, 2007)을 생각한다면, 후속학습보다는 선수학습의 중요하다고 볼 수 있다. 이러한 점에서 이번 연구 결과를 살펴보면, 후속학습에 비해 선수학습에서 학습자인 예비교사들은 학습에 더 집중하였다는 매우 긍정적인 결과라고 할 수 있다. 선수학습과 후속학습 과정에서의 MW의 횟수, Total MW의 시간을 보면 통계적으로 유의미하게 선수학습에서의 MW이 적게 나타나고 시간도 짧았다. 새로운 학습 상황에 놓인 학습자에게 학습의 주의 집중도가 높다는 것을 보여주는 결과라고 할 수 있다. 하지만 후속학습으로 이어질 때 학습자들은 MW의 횟수나 시간, 최초 발생 시점이 앞당겨지는 것으로 분석된 결과는 교사가 학습을 설계할 때 고려되어야 할 사항이다. 즉 학습자의 MW의 횟수나 시간을 줄일 수 있는 교사의 의도적인 교수 전략이 필요하다. Zhang et al. (2020)의 연구에서도 알 수 있듯이 학습과정 중 MW이 발생하면 학습자의 기억력은 떨어질 수밖에 없다. 즉 MW이 발생하면 학습이 일어나지 않는다는 것이다. 이번 연구와 유사하게 21분의 동영상 강의를 사용하여 연구한 Szpunar et al. (2013)도 대학생들이 보고한 MW의 비율이 높을수록 동영상 강의 내용에 대해 올바른 응답률이 적었다고 보고하였다. 또 Risko et al. (2013)의 연구에서도 동영상 강의 중 MW 횟수와 시험 점수 사이에는 유의미한 상관관계에 있었다. 즉 MW이 많이 발생한 그룹일수록 시험 점수가 낮았다. 이러한 결과들을 생각한다면 교수자의 학습 설계가 학습자의 주의집중을 높이고 MW를 낮추는 형태로 이루어져야 한다는 것이다.

특히 과학학습에서는 선수학습이 후속학습에 미치는 영향은 매우 크다. 선수학습에 대한 이해가 없을 경우 후속학습은 제대로 이루어질 수 없다. 예컨대 이번 학습 과정에서의와 같이 천체의 운동, 즉 지구의 자전과 공전이라는 천체의 운동이라는 개념이 정립되어 있지 않을 경우 후속 학습인 달의 위상 변화는 단순한 변화로만 학습자는 인식할 수 있다. 천체가 운동한다는 선수학습을 통해 달의 위상 변화도 천체의 운동에 의해 일어나는 현상이라는 것을 연결 지어 학습자는 이해할 수 있다. 이러한 선수학습의 이해는 앞서 서론에서 언

급한 것처럼 선수학습 내용이 후속학습 내용과 연결되어 학습자의 인지부하(Sweller, 1988; Van Merriënboer & Sweller, 2005)를 줄여주어 학습의 집중도를 높여줄 수 있다. 이러한 과학 학습 상황에서 후속학습보다 선수학습에 학생들이 더 주의집중을 잘한다는 것은 긍정적이나 어떠한 과학 개념을 충실하게 습득한다는 관점에서는 선수학습 못지않게 후속학습이 중요하다. 후속학습에서의 학습자의 주의집중을 높이고 MW를 줄이기 위한 교사의 의도된 교수 전략이 학습 설계 시 절실하다고 할 수 있다. Dick et al. (2009)은 교수 즉 수업이 시작되기 전에 교수 설계자인 교사는 무엇을 가르칠 것인지에 대한 문제뿐만 아니라 학습자의 특성, 학습자들이 그전에 가지고 있거나 가지고 있어야 하는 기능, 교수 전달 환경 등을 고려하여 수업을 설계해야 한다고 하였다. 이러한 관점에서 이번 연구 및 선행 연구 결과에 비춰 학습자들의 학습 과정에서 발생하는 MW의 횟수, 시간 등과 같은 학습자의 학습 태도에 대한 특성을 교수자인 교사는 파악해야 할 필요가 있다. 더불어 추후 학습 과정에서 MW이 발생하는 지점에서의 학습자의 특성, 콘텐츠의 특성 및 MW에서 Attention 상태로 돌아오는 지점의 특성, Attention 유지를 위한 학습 설계 등에 대한 연구도 이루어져야 할 것으로 사료된다.

Acknowledgements

This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea (NRF-2020S1A5B5A17090024).

References

- Anderson, J. R., Bothell, D., & Douglass, S. (2004). Eye movements do not reflect retrieval processes: Limits of the eye-mind hypothesis. *Psychological Science*, 15, 225-231.
- Ballard, D. H., Hayoe, M. M., Pook, P. K., & Rao, R. P. (1997). Deictic codes for the embodiment of cognition. *Behavioral and Brain Science*, 20, 723-767.
- Benedek, M., Stoiser, R., Walcher, S., & Körner, C. (2017). Eye behavior associated with internally versus externally directed cognition. *Frontiers in Psychology*, 8, 1092-1105.
- Blanchard, N., Bixler, R., Joyce, T., & D'Mello, S. K. (2014). Automated physiological based detection of mind wandering during learning. In Trausan-Matu, S., Boyer, K., Crosby, M., Panourgia, K. (Eds.), *Intelligent Tutoring Systems (Lecture Notes in Computer Science)*, 8474, 55-60.
- Byun, Y. (2007). *Understanding of Teaching-learning Theory*. Seoul: Hakjisa.
- Chen, C. M., & Wu, C. H. (2015). Effects of different video lecture types on sustained attention, emotion, cognitive load, and learning performance. In *Computers and Education*, 80, 108-121.
- Çimer, A. (2012). What makes biology learning difficult and effective: Students' views. *Educational Research and Reviews*, 7, 61-71.
- Craig, A. (1984). Human engineering: the control of vigilance. In J. S. Warm (Ed.), *Sustained Attention in Human Performance*, 247-291. NY: Wiley.
- Cunneungham, S., Scerbo, W., & Freeman, F. (2000). The electrocortical correlates of daydreaming during vigilance tasks. *The Journal of Mental Imagery*, 24, 61-72.
- Dick, W., Carey, L., & Carey, J. O. (2015). *The Systematic Design of Instruction*. London: Pearson Education.
- Faber, M., Bixler, R., & D'Mello, S. K. (2018). An automated behavioral measure of Mind Wandering during computerized reading. *Behavior Research Methods*, 50, 134-150.
- Gagne, R. M. (1985). *Conditions of Learning and Theory of Instruction*. New York: Holt, Rinehart and Winston.

- Grandchamp, R., Braboszcz, C., & Delorme, A. (2014). Oculometric variations during mind wandering. *Frontiers in Psychology*, 5, 31-45.
- Hutt, S., Hardey, J., Bixler, R., Stewart, A., Risko, E. F., & D'Mello, S. (2017). Gaze-based Detection of Mind Wandering during Lecture Viewing. In the 10 th International Conference on Educational Data Mining, 226-231.
- Ilioudi, C., Giannakos, M. N., & Chorianopoulos, K. (2013). Investigating Differences among the Commonly Used Video Lecture Styles. In *Proceedings of the Workshop on Analytics on Video-based Learning, WAVE 2013 workshop at LAK'13*.
- Jang, D., Yang, I., & Kim, S. (2020). Detecting Mind-Wandering from eye movement and oculomotor data during learning video lecture. *Education Sciences*, 10, 51-63.
- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1976). Eye fixations and cognitive processes. *Cognitive Psychology*, 8, 441-480.
- Kim, J., & Lee, G. (2005). Logical investigation on the teachers' self-evaluation strategy of instructional competence for improving quality of Instruction. *Journal of Educational Evaluation*, 18, 19-38.
- Krasich, K., McManus, R., Hutt, S., Faber, M., D'Mello, S. K., & Brockmole, J. R. (2018). Gaze-based signatures of Mind Wandering during real-world scene processing. *Journal of Experimental Psychology: General*, 147, 1111-1124.
- Kwon, H. S. (2019). Elementary school teachers' difficulties in science classes and self-efficacy in science teaching: Narrative inquiry of a teacher in elementary school. *Journal of Studies on Schools and Teaching*, 4, 63-82.
- Lee, J. M., & Shin, Y. J. (2014). An analysis of elementary school teachers' difficulties in the STEAM class. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 33, 588-596.
- Mayer, R. E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York, Cambridge University Press.
- Richardson, D. C., & Spivey, M. J. (2000). Representation, space and Hollywood Squares: Looking at things that aren't there anymore. *Cognition*, 76, 269-295.
- Risko, E. F., Buchanan, D., Medimorec, S., & Kingstone, A. (2013). Everyday attention : Mind Wandering and computer use during lectures. *Computers & Education*, 68, 275-283.
- Roberts, J. E., & Bell, M. A. (2003). Two-and three-dimensional mental rotation tasks lead to different parietal laterality for men and women. *International Journal of Psychophysiology*, 50, 235-246.
- Schooler, J. W., Reichle, E. D., & Halpern, D. (2004). Zoning out while reading: evidence for dissociations between experience and metacognition. In D. T. Levin (Ed.), *Thinking and Seeing: Visual Metacognition in Adults and Children* (pp. 203-226). MIT Press.
- Schooler, J. W., Smallwood, J., Christoff, K., Handy, T. C., Reichle, E. D., & Sayette, M. A. (2011). Meta-awareness, perceptual decoupling and the wandering mind. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 319-326.
- Seery, M. K. (2010). Using pre-lecture resources in your teaching: A short guide. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Sciences*, 3, 1-3.
- Shin, Y. J., & Ahn, Y. M. (2020a). The elementary school pre-service teachers' perceptions of seasonal length of day and night: Focus on the types of explanations in written and drawn description. *Journal of Science Education Research*, 44, 1-14.
- Shin, Y. J., & Ahn, Y. M. (2020b). Analysis of elementary school pre-service teachers' explanation types and characteristics in description of observable lunar phases. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 41, 194-207.
- Smallwood, J. (2015). Mind Wandering and attention. In J. M. Fawcett, E. F. Risko, & A. Kingstone (Eds.), *The Handbook of Attention* (pp. 233-255). MIT Press

- Smallwood, J., & Schooler, J. W. (2006). The restless mind. *Psychological Bulletin*, 132, 946-958.
- Smallwood, J., Baracaia, S. F., Lowe, M., & Obonsawin, M. (2003). Task unrelated thought whilst encoding information. *Consciousness and Cognition*, 12, 452-484.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12, 257-285.
- Szpunar, K., Khan, N., & Schacter, D. L. (2013). Interpolated memory tests reduce mind wandering and improve learning of online lectures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 6313-6317.
- Vankov, I. (2009). Mind the gap: The cost of looking at nothing, or the performance implications of memory-induced attention shifts. In *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society*, 31, 1318-1324.
- Van Merriënboer, J. J., & Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17, 147-177.
- Wilson, K. E., Martinez, M., Mills, C., D'Mello, S., Smilek, D., & Risko, E. F. (2018). Instructor presence effect: Liking does not always lead to learning. *Computers and Education*, 122, 205-220.
- Zhang, H., Miller, K. F., Sun, X., & Cortina, K. (2020). Wandering eyes: Eye movements during mind-wandering in video lecture. *Applied Cognitive Psychology*, 34, 449-464.

Authors Information

Lim, Sungman: Jeonju National University of Education, Lecturer, First Author.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6958-2913>

Lee, Min-ha: Jungheung Elementary School, Teacher, Co-author.

Kim, Seongun: Korea National University of Education, Research Professor, Corresponding Author.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7455-6077>